

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-016014

(43)Date of publication of application : 19.01.1989

(51)Int.Cl.

H03K 5/00

G01T 1/17

(21)Application number : 62-169734

(71)Applicant : NIPPON ATOM IND GROUP CO LTD

(22)Date of filing : 09.07.1987

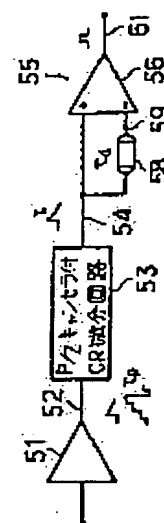
(72)Inventor : ONODERA TORU

## (54) WAVEFORM SHAPING CIRCUIT

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To measure a pulse signal at a high count rate by providing a signal processing means generating a pulse signal being the result of subtraction of an output of a delay line from an output of a differentiation circuit.

**CONSTITUTION:** An output signal 52 of a preamplifier 51 is fed to a CR differentiation circuit with P/Z (pole zero) canceller and its output signal 54 is fed to a delay line waveform shaping circuit 55. Then an output signal 54 is fed to a noninverting input of the amplifier 56 constituting the delay line waveform shaping circuit 55, while a signal 59 delayed by  $t_d$  and attenuated by a prescribed rate through the delay line 58 is inputted to an inverting input. That is, the amplifier 56 is used to subtract the negative signal 59 from the positive output signal 54 to obtain a signal 61. Thus, the part of the attenuated waveform is removed to extract only the pulse width  $t_d$  thereby attaining the high count rate measurement of the pulse signal.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-16014

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>H 03 K 5/00  
G 01 T 1/17

識別記号

庁内整理番号

Z-7631-5J  
F-8406-2G

⑬ 公開 昭和64年(1989)1月19日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 波形整形回路

⑰ 特 願 昭62-169734

⑱ 出 願 昭62(1987)7月9日

⑲ 発 明 者 小 野 寺 徹 神奈川県川崎市川崎区浮島町4番1号 日本原子力事業株式会社研究所内

⑳ 出 願 人 日本原子力事業株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番7号

㉑ 代 理 人 弁理士 山内 梅雄

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

波形整形回路

## 2. 特許請求の範囲

波形整形を行おうとする信号を微分する微分回路と、この微分回路の出力を遅延させるディレイラインと、前記微分回路の出力からディレイラインの出力を差し引いた形のパルス信号を作成する信号処理手段とを具備することを特徴とする波形整形回路。

## 3. 発明の詳細な説明

## 「産業上の利用分野」

本発明はパルス波形の整形を行う波形整形回路に関する。

## 「従来の技術」

高濃度の放射線を測定するときのように、パルス信号を高計数率で測定する必要がある場合がある。このような場合には、1つの信号に対する処理時間をできるだけ短くする必要があり、パルス信号に対する波形整形が従来から行われている。

第9図は一例として本発明の適用の対象となる放射線エネルギー測定装置の構成を表わしたものである。この放射線エネルギー測定装置は、半導体検出器1、プリアンプ2、リニアアンプ3それにマルチチャネルアナライザ4によって構成されている。放射線検出器としての半導体検出器1から出力される電気信号5は、プリアンプ2に入力され、ここで波形整形が行われる。整形後の信号6はリニアアンプ3に入力され、更に波形整形が行われる。マルチチャネルアナライザ4はこの信号7の波高値を測定する。そして各波高値から、放射線エネルギーのスペクトルを求める。

第10図は、このような装置における放射線検出器およびプリアンプの部分を具体的に表わしたものである。検出器11に放射線が入射すると、放射線の種類と検出器の種類に応じて電流または電圧で表わされた出力信号12が発生する。この出力信号12をプリアンプ13によって波形整形および増幅を行い、出力信号14を得る。

放射線のエネルギーの測定が可能な検出器、例え

ば半導体検出器を用いた場合には、出力信号12は放射線が検出器の中でエネルギーを失う際に生成した電子-正孔対による電流信号となる。この電流信号で表わされる電流の総量を積分すると、放射線のエネルギーに比例した波高値を有する出力信号が得られる。このような理由から、プリアンプ13には出力信号12を積分して放射線のエネルギーに比例した波高値に波形整形を行うことのできる電荷有感型のプリアンプを使用するのが通常である。このときのプリアンプ13からの出力信号14は、検出器11の出力信号12(第11図a)を積分するたびに放射線エネルギーに比例した階段状に変化する出力信号14(第11図b)となる。

ところが出力信号14のレベルは階段状に変化するので、このまま積分を続けると、ついにはプリアンプ13の電源電圧にまで到達し、これ以後の積分動作が不可能となってしまう。そこで、何らかの方法で出力信号14のレベルをベースラインに戻すような対策が必要となる。この対策として一般的に実用化されているものは、(i)抵抗に

よるフィードバック方式と、スイッチングによるリセット方式である。

第12図は、抵抗によるフィードバック方式を用いたプリアンプを表わしたものである。このプリアンプ21では、アンプ22の入出力端子23、24の間に、コンデンサ25と抵抗26からなる並列回路を接続する。このプリアンプ21では、入力端子23に同図に示したようなパルス信号が入力すると、出力端子24の近傍に図示したように鋭波に似た信号が出力される。この出力信号27を拡大して示したのが、第13図である。この図に示すように出力信号27は次式で示す信号となる。

$$E \cdot e^{-t/\tau} \dots\dots (1)$$

ここで電圧Eは、波形の立ち上がり時間 $t_r$ が零と見做せる場合における出力信号27の波高値である。出力信号27の立ち上がり時間 $t_r$ は、放射線検出器によって異なる。半導体検出器が使用された場合には、この立ち上がり時間 $t_r$ は検

出器内部で生成された電子-正孔対の収集時間となる。このプリアンプ21では、抵抗26が電荷の放電用に使用されている。

第14図はこれに対してリセット型プリアンプを表わしたものである。このプリアンプ28では、アンプ22の両端を接続したコンデンサ25と並列にスイッチ29を接続している。このプリアンプ28では、スイッチ29を所定のタイミングでオンすることにより、コンデンサ22を強制的に放電させるようになっている。第15図は、この場合における出力端子24から出力される信号の一部を拡大して表わしたものである。この信号は時間 $t_r$ で立ち上がり、その波高値はEである。「発明が解決しようとする問題点」

(i) まず、CR微分回路を用いた波形整形における問題点を詳説する。

第16図は、第14図に示したリセット型のプリアンプ28の出力信号の波形整形の様子を説明するためのものである。同図aは第15図に対応するものである。第12図に示した抵抗フィード

バック型プリアンプ21と異なり、このリセット型のプリアンプ28ではコンデンサ25に並列に抵抗が接続されていない。そこでプリアンプ28の出力信号の時定数を $\tau_1$ とすると、 $\tau_1 = \infty$ となる。このような信号をCR微分回路によって波形整形すると、第16図bに示すような波形となる。このときの信号波形は、次の(2)式で表現することができる。

$$E \cdot e^{-t/\tau_1} \dots\dots (2)$$

ここで $\tau_1$ は微分後の時定数である。

次に第17図は、第12図に示した抵抗フィードバック型プリアンプ21の波形整形の様子を説明するためのものである。同図aは第13図に対応し、 $\tau$ はプリアンプ21の時定数である。この図に示す信号をCR微分回路によって波形整形すると、第17図bに示すような波形となる。この波形は、 $\tau_1$ 、 $\tau$ の両時定数に依存した波形となる。この図から分るように、波形はオーバーシュートするので、次の信号が到来しても、時定

数 $\tau$ の影響を受けてしまい、例えば放射線の測定を行う場合にはそのエネルギー情報が保存されなくなるという問題が生じる。このよう欠点を取り除くためのP/Z(ポールゼロ)キャンセル回路が使用され、 $\tau$ の成分を取り除くことが行われている。

第18図は、以上の各種信号処理をまとめて表わしたものである。リセット型プリアンプの出力信号は、CR微分回路を経て微分後の出力信号となるが、抵抗フィードバック型プリアンプの出力信号はP/Zキャンセル回路付CR微分回路を経て微分後の出力信号となる。

このようにして取り出された波形整形後の微分信号の性質を考察することにする。

第19図は、このような微分信号の波形を表わしたものである。放射線のエネルギー情報を測定する用途では、エネルギー情報E。を $1/1000 \sim 1/8000$ の分解能を有するA/D変換器を用いることによってデジタル化する。従って、微分信号31は次の放射線が検出器に入射する前に

波高値E。の $1/1000 \sim 1/8000$ までのレベルに減衰している必要がある。

$\exp(-t/\tau)$ の項が $1/1000 \sim 1/8000$ に減衰する時間は、 $7\tau \sim 9\tau$ である。従って、これ以前に検出器に入った信号のエネルギー情報E。は保存されないことになる。このようなことから、高計数率測定に対応させるためには、時定数 $\tau$ を十分に小さくする必要がある。

一方、第19図においても示した微分信号の立ち上がり時間 $t_r$ は、検出器の放射線エネルギーに対する応答によって異なる。半導体検出器の場合には、放射線によって生成した電子-正孔対の収集時間に依存することになる。更に同一の検出器であっても、放射線が入射した位置によっても電子-正孔対の収集時間が異なってくる。そこで微分信号の立ち上がり時間 $t_r$ は、およそその最大値を求めることができるものの、最大値以下の値にもなりうることを考慮する必要がある。また、立ち上がり時間 $t_r$ の変化は波高値E。に対して非線型なので、この波高値E。の分解能に対して悪

影響を及ぼす。このようなことから、通常の放射線エネルギーの測定では、放射線の入射後、立ち上がり時間 $t_r$ よりも充分長い時間が経過した後に測定を行うようになっている。

高計数率測定のためには、微分回路の時定数を小さくすればよいことを前述したが、これは微分信号の立ち上がり時間 $t_r$ によって限界があり、これがCR微分回路を用いた波形整形の問題となっていた。

(ii)次に、ディレイラインを用いた波形整形についての問題点を詳説する。

第20図aは、第14図に示したリセット型プリアンプ28の出力信号33の波形を表わしたものである。これをディレイラインを用いて波形整形すると同図bに示すような信号34となる。ここで $\tau_d$ は、ディレイラインのディレイ時間である。

第21図はディレイラインを用いた波形整形回路を表わしたものである。このように実際の波形整形回路では、入力端子35とアンプ36の一方

の入力端子との間にディレイライン37を接続すると共に、他方の入力端子との間にアッテネータ38を接続した構成となっている。これは、入力端子35に供給された信号がディレイライン37を通過する先に生じる減衰を考慮して、他方の経路を経る信号についても減衰させるようにしたものである。

第22図は、第21図に示した波形整形回路を用いて、第12図に示した抵抗フィードバック型プリアンプの出力信号を波形整形する場合を表わしたものである。同図aは、整形前の信号41であり、同図bは整形後の信号42である。このように、ディレイライン37で波形整形を行うと、信号42にはディレイライン37のディレイ時間 $\tau_d$ に続いて時定数 $\tau$ の信号成分が存在する。この信号成分は、先に説明したと同様に後続の信号の測定に悪影響を及ぼすことになる。この信号成分は、アッテネータ38の調整によってキャンセルすることができる。しかしながら、一般に時定数 $\tau$ はプリアンプ固有の値であることが多く、

ブリアンプごとに調整を行う必要が生じる。これがディレイラインを用いた波形整形における問題点である。

そこで本発明の目的は、CR波形整形回路を用いた場合における整形時定数の7〜9倍というデッドタイムの存在や、ディレイライン波形整形回路を用いた場合におけるアッテネータの調整といった問題点を解消し、これら2種類の各波形整形回路の有する長所をうまく組み合わせ、高計数率を可能とする波形整形回路を提供することを目指すとする。

「問題点を解決するための手段」

本発明では、波形整形を行おうとする信号を微分する微分回路と、この微分回路の出力を遅延させるディレイラインと、微分回路の出力からディレイラインの出力を差し引いた形のパルス信号を作成する信号処理手段とを波形整形回路に具備させる。

第1図を用いて本発明の原理を説明する。この図でブリアンプ51の出力信号52はP/Zキャン

セラ付CR微分回路53に供給され、その出力信号54はディレイライン波形整形回路55に供給される。本発明ではアッテネータを使用する必要がない。

ところで、ディレイライン波形整形回路55を構成するアンプ56の正入力側には第2図に示すような出力信号54が入力される。この信号波形は(1)式で表わされる。一方、アンプ56の負入力側には、ディレイライン58によって $\tau$ だけ遅れ、かつ所定の率 $\mu$ だけ減衰した信号59が入力される。この信号59の波形(第3図)は、次の(3)式で表わすことができる。

$$\mu E_1 e^{-t'/\tau} \dots\dots (3)$$

第4図に示すように、信号59の立ち上がり開始時刻を $t=0$ となるように時間軸を考慮する。このとき、出力信号54に対応する信号54'(同図a)は、その立ち上がり開始から時間 $\tau$ だけ経過している。そこでその電圧は、次の(4)式で表わされる。

$$E_1 e^{-(t+\tau_0)/\tau} \dots\dots (4)$$

一方、信号59に対応する信号59'は、次の(5)式で表わされる。

$$\mu E_1 e^{-t/\tau} \dots\dots (5)$$

アンプ56を用いて正側の出力信号54から負側の信号59を引き去ると、次の(6)式で表わされる信号61が得られる。

$$E_1 (e^{-\tau_0/\tau} - \mu) e^{-t/\tau} \dots\dots (6)$$

第5図に示すように、この成分がパルス幅 $\tau$ に続く減衰波形62となる。そこで次の(7)式で示す関係となるように時間 $\tau$ を決定すると、減衰波形62の部分を除去することができる。すなわち、パルス幅 $\tau$ だけを取り出すことができる。

$$e^{-\tau_0/\tau} = \mu \dots\dots (7)$$

パルス幅 $\tau$ および減衰率 $\mu$ はディレイライン58に固有の値である。従って(7)式が満足されるように時間 $\tau$ を一度決定してしまえば、以後調整する必要がない。また、ブリアンプ51の違いによる出力時定数 $\tau_0$ の違いは、従来通りP/Zキャンセラ付CR微分回路53の調整だけで行うことができる。更にCR微分回路で問題になったデッドタイムについては、(7)式を満足することで解決することができる。

「実施例」

以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

第6図は本発明の一実施例における波形整形回路を表わしたものである。この回路は、ポールゼロ(P/Z)キャンセラ付微分回路71、反転増幅器72およびディレイライン波形整形回路73を直列に接続した回路構成となっている。

ポールゼロキャンセラ付微分回路71は、入力端子74に接続された抵抗75およびコンデンサ76から成る直列回路と、この直列回路の他端に一端を接続された抵抗77と、この抵抗77の他

端の分圧点を決めるために入力端子74に一端を接続し他端を設置した分圧用抵抗78とによって構成されている。このポールゼロキャンセラ付微分回路71は、キャンセル後の時定数 $\tau$ が $\tau = CR$ となるように選定されている。

反転増幅器72はアンプ79と、その出力側と負入力側を接続した抵抗81によって構成されている。またディレイライン波形整形回路73は、減衰率 $\mu$ でディレイ時間 $\tau_d$ のディレイライン82と、その出力側を負入力側に接続したアンプ83と、この演算器83の負入力側に一端を接続し他端を接地した抵抗84とによって構成されている。

このような構成の波形整形回路で、1M(メガ)CPS(カウント/秒)のパルス信号が到来したとき、10%の敷え落とし率でこれをパルス化するものとする。ここで1MCPSとは、1秒間にランダムに1メガ個のパルスが到来するというので、これらが均等な時間間隔で到来することを前提としていない。

たように微分時定数は

$$1.00\text{nSec} + (7 \sim 9) = 1.1 \sim 1.4\text{nSec} \text{ となる。}$$

通常、半導体検出器の電子-正孔対収集時間は、少なくとも数十nSecを見込む必要がある。そこで前記した1.1~1.4nSecの微分時定数では、エネルギー情報を保存することができない。

これに対して本発明の回路では、第8図に示すように測定点を立ち上がり時間 $t_r$ 以降に選定することができ、かつ微分時定数が大きいので、例えば $t = 1.00\text{nSec}$ の点でデータをサンプリングしても十分にS/N比のよい測定が可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理的構成を示す回路図、第2図はディレイライン波形整形回路の正入力側に入力される信号の波形図、第3図はこのディレイラインの負入力側に入力される信号の波形図、第4図はこれら第2図および第3図に示した信号を後者の信号の立ち上がりを基準点にとって表わした波形図、第5図は第1図に示した演算器の出力波形を示す波形図、第6図は本発明の一実施例に

して、10%の敷え落としを前提とすると、パルス幅は100nSec(ナノ秒)以下に設定する必要がある。アナログ用のディレイラインの減幅減衰率を0.2dB程度とすると、減衰率 $\mu = 0.98$ となる。

$$\tau = -\tau_d / \ln \mu \dots\dots (8)$$

なので、時定数 $\tau$ はこの例の場合、4.95 $\mu\text{Sec}$ となる。

以上から、次の各定数を第6図に示す回路に設定すれば、入力計数率1MCPS時に900K(キロ)CPSのパルスを取り出すことができる。

$$RC = 4.95\mu\text{Sec}$$

$$\tau_d = 100\text{nSec}$$

$$\mu = 0.2\text{dB}(0.98)$$

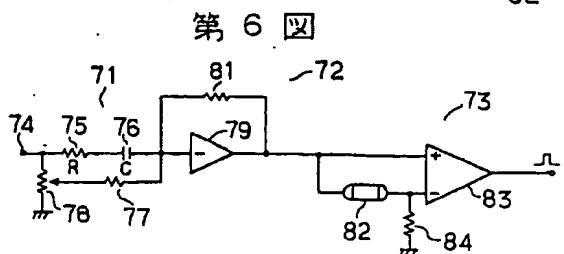
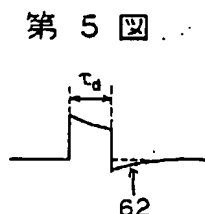
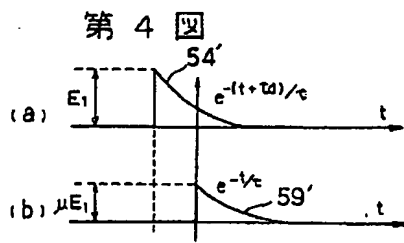
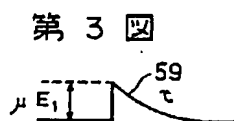
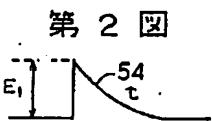
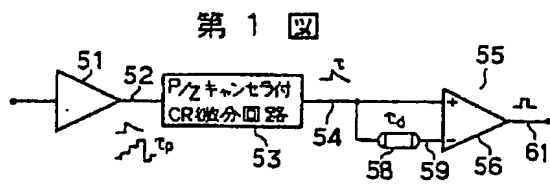
#### 「発明の効果」

ところで、CR微分回路を用いてデッドタイム100nSecを実現しようとするれば、第7図に示し

おける波形整形回路の回路図、第7図および第8図は本発明の効果の説明するためのもので、このうち第7図は従来の微分時定数とエネルギー情報の変化の様子を示す波形図、第8図は本発明における例を示す波形図、第9図は放射線エネルギー測定装置の一般的な構成を示すブロック図、第10図は第9図に示した装置の放射線検出器およびプリアンプの部分を具体的に表わしたブロック図、第11図は電荷有感型のプリアンプを使用した場合における検出器の出力信号とプリアンプの出力信号の関係を示す波形図、第12図は抵抗フィードバック型プリアンプの回路図、第13図は第12図に示したプリアンプの出力信号を拡大して示した波形図、第14図はリセット型プリアンプの回路図、第15図は第14図に示したプリアンプの出力信号を拡大して示した波形図、第16図は第14図に示したリセット型のプリアンプの出力信号の波形整形の様子を説明するための波形図、第17図は第12図に示した抵抗フィードバック型プリアンプの波形整形の様子を説明するための波

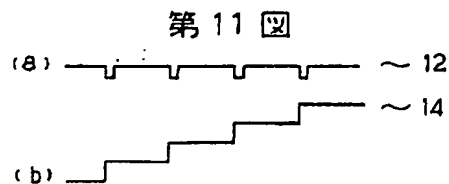
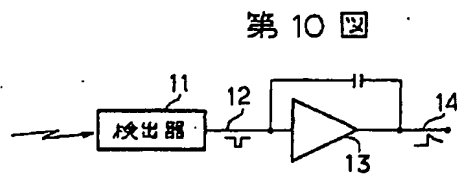
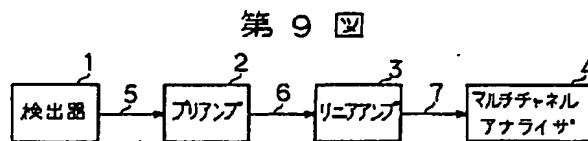
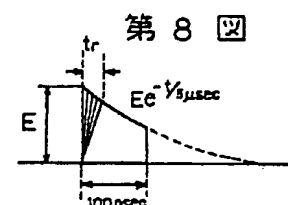
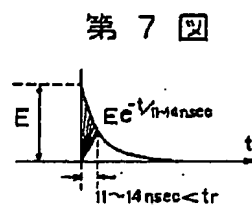
形図、第18図はリセット型ブリアンプと抵抗フィードバック型ブリアンプの信号処理の様子を示した説明図、第19図は波形整形後の微分信号を示す波形図、第20図は第14図に示したリセット型ブリアンプの出力信号の波形整形の様子を示す波形図、第21図はディレイラインを用いた波形整形回路の一般的な構成を示す回路図、第22図は第21図に示した波形整形回路を用いて、第12図に示した抵抗フィードバック型ブリアンプの出力信号を波形整形する場合を示す波形図である。

- 52、54 …… 出力信号、
- 53 …… P/Z キャンセラ付 CR 微分回路、
- 55 …… ディレイライン波形整形回路、
- 56 …… アンプ、
- 58 …… ディレイライン、
- 59、61 …… 信号、
- 71 …… ポールゼロキャンセラ付微分回路、
- 72 …… 反転増幅器、
- 73 …… ディレイライン波形整形回路、



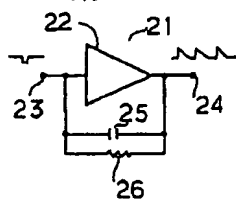
$\mu$  …… 減衰率、  
 $\tau_d$  …… ディレイ時間。

出 願 人  
 日本原子力事業株式会社  
 代 理 人  
 弁理士 山 内 梅 雄

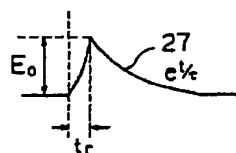




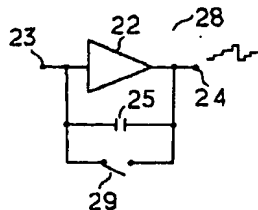
第 12 図



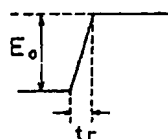
第 13 図



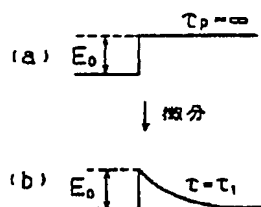
第 14 図



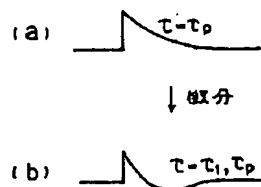
第 15 図



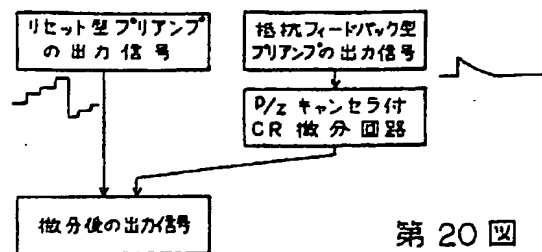
第 16 図



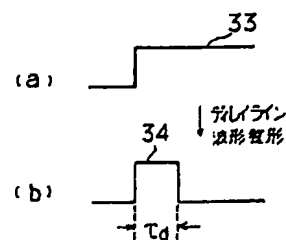
第 17 図



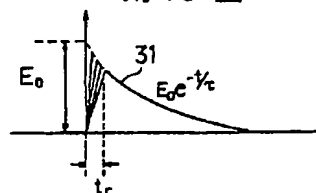
第 18 図



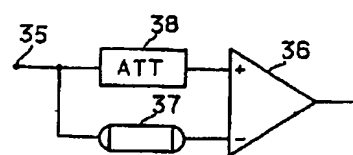
第 20 図



第 19 図



第 21 図



第 22 図

